

# Control system for IC engine with fuel injection and spark ignition

**Patent number:** DE19501386  
**Publication date:** 1996-08-01  
**Inventor:** KREUTER PETER DR ING (DE); HEUSER PETER DR ING (DE)  
**Applicant:** META MOTOREN ENERGIETECH (DE)  
**Classification:**  
- international: **F01L1/352; F01L13/00; F02D13/02; F02D41/00; F01L1/344; F01L13/00; F02D13/02; F02D41/00; (IPC1-7): F02D33/02; F02D9/08; F02D11/02; F02D35/00; F02D37/02; F02D41/30; F02D43/00; F02M59/20**  
- european: **F01L1/352; F01L13/00D6E; F02D13/02; F02D41/00D**  
**Application number:** DE19951001386 19950118  
**Priority number(s):** DE19951001386 19950118

**Also published as:**



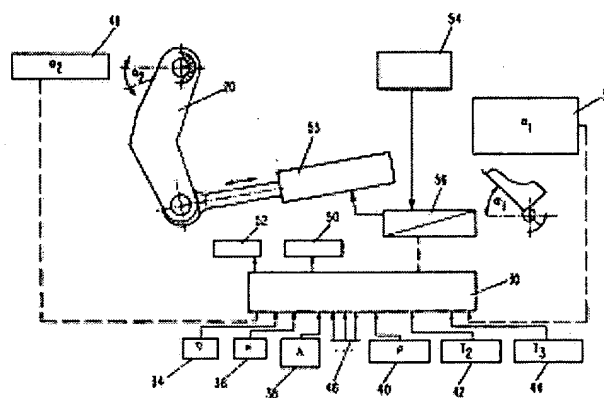
US5588411 (A1)

JP8232694 (A)

**Report a data error here**

## Abstract of DE19501386

A means of controlling an IC piston engine equipped with fuel injection and spark ignition regulates the fuel/air induction via a twin camshaft mechanism which varies the timing and extent of the inlet valve (6) openings to the exclusion of a conventional throttle valve. The valve opening (1) and closing (2) camshafts rotate in opposite directions at the same speed and the relative orientation of their cams determines the displacement of a floating follower (3) and its spring (8) which in turn control the movement of a pivoted (10) arm (4) against the normal valve-closing compression spring. The effects of an accelerator depression and other drive variables e.g. rpm. and temp. are combined by electronic and mechanical means to provide an optimised inlet valve opening via the cams.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 195 01 386 C 2**

⑳ Aktenzeichen: 195 01 386.7-13  
㉑ Anmeldetag: 18. 1. 95  
㉒ Offenlegungstag: 1. 8. 96  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 10. 12. 98

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 02 D 33/02**  
F 02 D 11/02  
F 02 D 35/00  
F 02 D 37/02  
F 02 D 9/08  
F 02 M 59/20  
F 02 D 41/30  
F 02 D 43/00

**DE 195 01 386 C 2**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ **Patentinhaber:**  
Meta Motoren- und Energietechnik GmbH, 52134  
Herzogenrath, DE

⑦④ **Vertreter:**  
Barske, H., Dipl.-Phys.Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 81245  
München

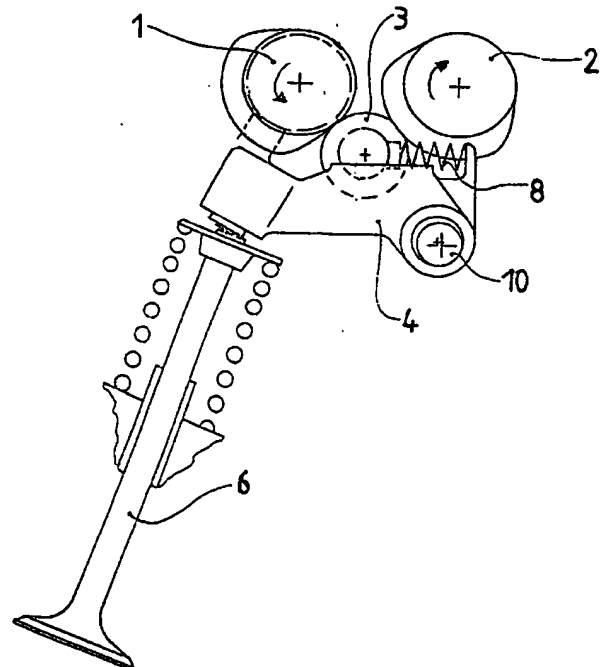
⑦② **Erfinder:**  
Kreuter, Peter, Dr.-Ing., 52072 Aachen, DE; Heuser,  
Peter, Dr.-Ing., 52076 Aachen, DE

⑤⑤ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:**

DE 41 35 965 A1  
DE 41 17 675 A1  
DE 38 35 333 A1  
GB 21 80 597

⑤④ **Verfahren zum Steuern einer fremdgezündeten, mit einer Kraftstoffeinspritzanlage ausgerüsteten  
Kolbenbrennkraftmaschine**

⑤⑦ **Verfahren zum Steuern der Leistungsabgabe einer  
fremdgezündeten, mit einer Kraftstoffspritzanlage ausge-  
rüsteten Kolbenbrennkraftmaschine, bei welchem die  
Stellung eines Gaspedals eine Stelleinrichtung verstellt,  
die die durch Hub und Dauer der Öffnung definierte Öff-  
nungsfunktion wenigstens eines, die von der Brennkraft-  
maschine je Ansaughub angesaugte Ladungsmenge be-  
stimmenden Einlaßventils einstellt, indem die Stellein-  
richtung die relative Phasenlage zweier normalerweise  
mit gleicher Drehzahl drehender Nockenwellen einstellt,  
wobei die Phasenlage die Öffnungsfunktion des Einlaß-  
ventils bestimmt, dadurch gekennzeichnet, daß der Stell-  
einrichtung als Eingangsgrößen die Stellung des Gaspe-  
dals und Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, wie  
z. B. Drehzahl und/oder Temperatur zugeführt werden,  
und daß der Zündzeitpunkt und/oder die Einspritzmenge  
in direkter Abhängigkeit von der Stellung der Stellein-  
richtung und der Drehzahl der Brennkraftmaschine gesteuert  
werden.**



**DE 195 01 386 C 2**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Nach einem gattungsgemäßen Verfahren arbeitende Brennkraftmaschinen weisen im allgemeinen keine Drosselklappe auf. Der Ladungswechsel wird vielmehr durch variable Ansteuerung des bzw. der Einlaßventile sowie gegebenenfalls auch der Auslaßventile gesteuert. Mit einem solchen Steuerverfahren können die Ladungswechselverluste deutlich vermindert werden und es lassen sich durch gezielte Beeinflussung des Ladungszustandes und der Ladungszusammensetzung im Zylinder geringere Rohemissionen im Abgas erzielen.

Voll variable Ventiltriebe zur Laststeuerung von Kolbenbrennkraftmaschinen werden in der Literatur wegen der genannten Vorteile zwar zahlreich beschrieben, in der Praxis konnten sie sich bisher jedoch nicht durchsetzen. In der GB-2 180 597 A ist beispielsweise ein Ventiltrieb für eine Hubkolbenbrennkraftmaschine beschrieben, bei dem eine Öffnungsnockenwelle und eine Schließnockenwelle mit einem Schwinghebel zusammenwirken, der sich auf dem Ventiltrieb eines Einlaßventils abstützt. Damit der Schwinghebel bei geschlossenem Einlaßventil eine definierte Lage beibehält, ist eine Feder vorgesehen, die den Schwinghebel in ständige Anlage an die Nockenkonturen der beiden Nockenwellen drückt. Dadurch entfernt sich der Schwinghebel zeitweilig vom Ventiltrieb. Dies erschwert den Einsatz eines selbsttätigen Ventilspielausgleichs erheblich. Eine Eigenart des bekannten Nockentriebs besteht des weiteren darin, daß der wirksame Ventilhub der Hälfte der Nockenerhebung entspricht, was den Nockentrieb sperrig macht und seine Drehzahlfestigkeit begrenzt. Zur Veränderung der Phasenlage zwischen den Nockenwellen sind diese über ein Koppelgetriebe verbunden, das zur Phasenverstellung eine von einem Gaspedal betätigte Koppel als Stelleinrichtung aufweist. Ähnlich wie die mechanisch mit einem Gaspedal verbundene Drosselklappe konventioneller Motoren übernimmt die Koppel die Laststeuerung der Brennkraftmaschine. Dabei besteht das Problem, daß das Einlaßventil etwa im Bereich des unteren Totpunktes des Kolbens schließen muß, da andernfalls die Füllung und damit das Drehmoment bei niedrigeren Drehzahlen nachteilig beeinflusst wird.

Zur Steuerung der Zündung und Kraftstoffeinspritzung ist es bekannt, die vom Motor angesaugte Frischluftmenge mit einem Luftmengenmesser oder einem Luftmassenmesser zu messen und die eingespritzte Kraftstoffmenge in Abhängigkeit dieses Meßsignals zu bestimmen. Diese bekannten Steuerungsverfahren haben den Nachteil, insbesondere im dynamischen Betrieb, bei dem sich infolge einer Veränderung der Drosselklappenstellung oder einer raschen Drehzahländerung der Druck im Saugrohr verändert, verhältnismäßig ungenau zu sein, da das Meßsignal keine ausreichend präzise Schlüsse auf die in den jeweiligen Zylinder strömende Frischluftmenge und entsprechend die benötigte Kraftstoffeinspritzmenge zuläßt. Dies führt zu erhöhten Schadstoffen im Abgas, erhöhtem Verbrauch und Fahrfehlern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern einer fremdgezündeten, mit einer Kraftstoffeinspritzanlage und einer drosselklappenlosen Laststeuerung ausgerüsteten Kolbenbrennkraftmaschine anzugeben, das bei geringem Schadstoffgehalt im Abgas ein hohes Drehmoment und eine hohe Leistung der Brennkraftmaschine ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einem gattungsgemäßen Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Öffnungsfunktion des Einlaßventils nicht nur in Abhängigkeit von der Stellung des Gaspedals, sondern zusätzlich von weiteren Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine gesteuert. So kann beispielsweise die bei Vollgasstellung erreichte maximale Öffnungsfunktion an die Drehzahl der Brennkraftmaschine angepaßt werden, so daß bei niedriger Drehzahl das Einlaßventil früher schließt als bei hoher Drehzahl, wodurch bei ständig geringen Rohemissionen einerseits ein hohes Drehmoment bei niedriger Drehzahl und andererseits eine hohe Leistung erzielt wird. Überraschenderweise hat sich herausgestellt, daß eine gesonderte Messung der Masse bzw. Menge der der Brennkraftmaschine zuströmenden Frischluft nicht erforderlich ist, da die Kenntnis der Öffnungsfunktion des Einlaßventils und der Drehzahl einen genauen Schluß auf die der Brennkraftmaschine zuströmende Frischluft zuläßt. Dynamische Korrekturen sind so gut wie nicht erforderlich. Das erfindungsgemäße Verfahren umfaßt ein breites Spektrum möglicher Vorrichtungen zu seiner Durchführung. Beispielsweise kann zwischen den Nockenwellen, deren Phasenlage die Öffnungsfunktion des Einlaßventils bestimmt, ein an sich bekanntes Koppelgetriebe vorgesehen sein, dessen Koppel über ein elektronisches Steuergerät angesteuert wird, welches an Eingangsgrößen die Gaspedalstellung und die Betriebsgrößen aufnimmt. Es kann auch jede der Nockenwellen mit einem eigenen Phasensteller versehen sein, der ihre Phase gegenüber der Kurbelwelle verstellt, so daß Öffnungs- und Schließflanke des Einlaßventils unabhängig voneinander veränderbar sind. In Abwandlung kann auch eine Phasenstellvorrichtung zwischen den beiden Nockenwellen wirken und eine weitere Phasenstellvorrichtung vorgesehen sein, über die eine der Nockenwellen von der Kurbelwelle angetrieben wird.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 2 wird die Genauigkeit des Steuerverfahrens erhöht, indem der Einfluß der Temperatur und des Druckes auf die Füllung zusätzlich berücksichtigt werden. Als Temperatur kann beispielsweise die Saugrohrtemperatur dienen. Als Druck kann, da ein erfindungsgemäß gesteuerter Motor keinen Unterdruck behaftetes Saugrohr aufweist, der Umgebungsdruck dienen. Selbstverständlich kann für noch bessere Genauigkeit auch der Druck im Saugrohr unmittelbar vor dem Einlaßventil gemessen werden, der sich vom Umgebungsdruck durch Strömungsverluste und/oder Druckpulsationen unterscheidet.

Die insbesondere zur Steuerung des Einspritzendes gemäß Anspruch 3 herangezogenen Öffnungsfunktion des Einlaßventils wird vorteilhafterweise unmittelbar durch die Stellung des Stellgliedes erfaßt. Dabei bestehen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren je nach Betriebsbedingungen große Freiheitsgrade. Beispielsweise kann ein großer Teil des Kraftstoffes unmittelbar nach Schließen des Einlaßventils vorgelagert werden, da insbesondere bei Teillast wegen der kurzen Öffnungsdauer des Einlaßventils ein langer Zeitraum zur Verdampfung des Kraftstoffes durch Aufheizung zur Verfügung steht. Alternativ kann in bestimmten Betriebsbereichen Kraftstoff auch derart eingespritzt werden, daß die hohen Einströmgeschwindigkeiten zur mechanischen Kraftstoffaufbereitung und Gemischbildung genutzt werden. Damit ist vor allem die Lage des Einspritzendes wesentlich.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 4 kann insbesondere bei Teillastbetrieb, wo der Schließzeitpunkt des Einlaßventils im Bereich größter Kolbengeschwindigkeiten liegt, eine außerordentlich wirksame mechanische Gemischaufbereitung durch die hohen Einströmgeschwindigkeiten erzielt werden.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 5 wird erreicht, daß

Kraftstoff thermisch durch Verdampfen voraufbereitet wird.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 6 wird erreicht, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die vorgesteuerte Einspritzmenge nachgeregelt wird, so daß ein gewünschter Lambdawert genau eingehalten werden kann.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 7 wird erreicht, daß sich die Brennkraftmaschine vom Anlasser leicht andrehen läßt, was den Stromhaushalt entlastet.

Die Merkmale des Anspruchs 8 sind darauf gerichtet, während der ersten Arbeitstakte der Brennkraftmaschine, bei denen der Zylinder noch kalt und eine thermische Gemischaufbereitung kaum möglich ist, das Gemisch mittels der kinetischen Einstromenergie aufzubereiten. Ein geringer Hub in Verbindung mit einer Öffnung des Einlaßventils im Bereich hoher Kolbengeschwindigkeiten und/oder hohen Unterdrucks im Zylinder führt zu größtmöglichen Einstromgeschwindigkeiten und damit sehr guter Gemischaufbereitung. Die Öffnungsdauer des Einlaßventils kann dabei so liegen, daß es im Bereich der höchsten Kolbengeschwindigkeit oder kurz danach schließt. Die Öffnungsdauer kann auch nach spät in den Bereich vor dem unteren Totpunkt des Kolbens verschoben werden. Dabei kommt es wegen des dann vorherrschenden starken Unterdrucks zu einem besonders kraftvollen Einstromen. Bei den geringen Anlaßdrehzahlen wird trotz des geringen Hubes eine gute Füllung erzielt, die ein kraftvolles Zünden unterstützt.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 9 wird eine möglichst hohe Füllung und damit effektive Verdichtung erzielt. Dies ist mit dem erfindungsgemäßen Steuerverfahren dadurch möglich, daß die Schließflanke des Einlaßventils drehzahlabhängig beeinflußt wird, so daß das Einlaßventil bei niedrigen Drehzahlen für maximale Füllung im Bereich des unteren Kolbentotpunktes schließt und dadurch eine effektive Verdichtung erzielt wird, die der geometrischen entspricht. Dies führt zu hohen Verdichtungsendtemperaturen mit entsprechend guten Verbrennungsbedingung.

Gemäß dem Anspruch 10 regelt der Motor nach dem Anspringen selbsttätig eine gewünschte Leerlaufdrehzahl ein.

Eine Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß dem Anspruch 11 ist besonders vorteilhaft, weil der Betrieb nur eines Einlaßventils zu besonders hohen Einstromgeschwindigkeiten der Ladung führt, was die Gemischaufbereitung unterstützt und bei unsymmetrischer Anordnung des einzigen betätigten Ventils relativ zum Brennraum zu einer Verwirbelung der Ladung des gesamten Brennraums führt, was thermodynamisch vorteilhaft ist.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 12 wird die Gemischbildung in der Warmlaufphase verbessert, wenn dadurch die Einstromgeschwindigkeit der frischen Ladung vergrößert wird.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 13 wird die Empfindlichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber bestehenden, mechanischen Toleranzen vermindert.

Mit den Merkmalen des Anspruchs 14 lassen sich außerordentlich weiche Übergänge zwischen Schubetrieb und Lastbetrieb erzielen. Des weiteren wird erreicht, daß der Motor bei Schubetrieb nicht auskühlt.

Gemäß Anspruch 15 kann der Motor unmittelbar durch Regelung der Öffnungsfunktion in seiner Leistung begrenzt werden.

Gemäß Anspruch 16 kann das Überschreiten einer Höchstzahl durch einfaches Regeln der Öffnungsfunktion vermindert werden.

Der Anspruch 17 ist auf eine außerordentlich einfache Möglichkeit zur Regelung der Leerlaufdrehzahl ohne jedwelle Bypässe oder Ähnliches gerichtet.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt eine so rasche Steuerung bzw. Regelung der Leistungsabgabe der Brenn-

kraftmaschine zu, daß gemäß den Ansprüchen 18 und 19 erwünschte, einzuregelnde Laständerungen durch bloßen Eingriff in die Öffnungsfunktion möglich sind.

Gemäß dem Anspruch 20 eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren außerordentlich gut für aufgeladene Motoren, da der Druck- bzw. Energieverlust durch die konventionelle Drosselklappe fehlt.

Gemäß dem Anspruch 21 kann es vorteilhaft sein, zur gezielten Beeinflussung der Restgasmenge für geringstmöglichen Verbrauch bei bestmöglichen Schadstoffwerten eine Drosselklappe vorzusehen.

Verbrauch bei sehr geringem Schadstoffgehalt im Abgas verwirklichen. Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet insbesondere durch gezielte Beeinflussung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses, der Steuerzeiten und des Restgasgehalts, beispielsweise durch die Ventilüberschneidungszeitquer-schnitte und/oder durch die Druckdifferenz zwischen Abgas- und Saugsystem, einen verbrauchsmminimalen bzw. schadstoffminimalen Betrieb, wobei die Schwerpunkte je nach Notwendigkeiten gelegt werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer Zeichnungen beispielsweise und mit weiteren Einzelheiten erläutert.

Es stellen dar:

Fig. 1 einen Ventiltrieb, wie er zur drosselklappenlosen Laststeuerung einer fremdgezündeten Kolbenbrennkraftmaschine eingesetzt werden kann,

Fig. 2 ein Koppelgetriebe, welches zur Veränderung der relativen Phasenlage der beiden Nockenwellen gemäß Fig. 1 eingesetzt werden kann,

Fig. 3 eine Schar von Öffnungsfunktionen des Einlaßventils gemäß Fig. 1,

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Motorsteuerung,

Fig. 5 ein Flußbild eines Anlaßvorgangs, und

Fig. 6 ein Beispiel eines Verlaufes Restgasanteil in Abhängigkeit von der Last.

Gemäß Fig. 1 umfaßt eine Vorrichtung zur variablen Ventilsteuerung von Brennkraftmaschinen zwei mit gleicher Drehzahl umlaufende Nockenwellen 1 und 2, deren Nockenkonturen bzw. Nockenscheiben gemeinsam auf ein Abgriffsglied 3 wirken. Die Überlagerung der Hubfunktion der beiden Nockenscheiben führt zu einer Bewegung des Abgriffsgliedes 3, die durch ein oder mehrere Übertragungsglieder 4 auf das Ventil 6, beispielsweise ein Einlaßventil, übertragen wird. Durch eine relative Veränderung der Phasenlage der beiden Nockenwellen 1 und 2 zueinander kann diese Hubbewegung sowohl nach der Höhe des Maximalhubes als auch nach der Dauer der Ventilöffnung in weiten Grenzen variiert werden.

Das Abgriffsglied 3 ist auf dem Übertragungsglied 4 beweglich geführt. Das Übertragungsglied 4 ist als Schlepphebel ausgebildet. Eine Feder 8 bewirkt eine definierte Anlage des Abgriffsgliedes 3 am Umfang der Nockenwelle 1. Bei 10 ist das Übertragungsglied 4 schwenkbar gelagert.

Die Funktion der beschriebenen Anordnung ist wie folgt:

Die Nockenwellen 1 und 2 drehen sich, wie durch die Pfeile dargestellt, mit gleicher Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung. Bei 1 die Öffnungsnockenwelle und 2 die Schließnockenwelle, wobei die Anordnung derart dimensioniert ist, daß das Ventil 6 geschlossen ist, wenn das Abgriffsglied am Erhebungsbereich der Schließnockenwelle 2 und am Grundkreis der Öffnungsnockenwelle 1 anliegt (dargestellter Zustand).

Wenn sich die Öffnungsnockenwelle 1 aus der dargestellten Lage heraus weiter dreht, kommt die Öffnungsflanke der Öffnungsnockenwelle 1 in Anlage an das Abgriffsglied 3, während dieses weiter am Erhebungsbereich der Schließnockenwelle 2 anliegt. Dadurch wird das Ventil geöffnet

und bleibt so lange geöffnet, bis der Erhebungsbereich der Schließnockenwelle 2 endet und der Grundkreis der Schließnockenwelle 2 in Anlage an das Abgriffsglied 3 kommt. Anschließend endet der Erhebungsbereich der Öffnungsnockenwelle 1, woraufhin das Abgriffsglied 3 unter Wirkung der Feder 8 sich von der Nockenwelle 2 entfernt, bis wiederum der Erhebungsbereich der Schließnockenwelle 2 in den Bereich des Abgriffsgliedes 3 kommt und der Vorgang erneut beginnt.

Die Öffnungsfunktion des Ventils 6 kann durch Veränderung der Phasenlage zwischen den Nockenwellen 1 und 2 verändert werden. Eine Einrichtung zur Veränderung dieser Phasenlage ist in Fig. 2 dargestellt:

Diese Einrichtung ist durch ein Koppelgetriebe mit vier Zahnrädern 16, 17, 18 und 19 gebildet, welche über Koppeln 20, 21 und 22 miteinander verbunden sind. Das Zahnrad 16 ist drehfest mit der Öffnungsnockenwelle 1 verbunden, die beispielsweise unmittelbar von einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine angetrieben ist. Das Zahnrad 17 ist drehfest mit der Schließnockenwelle 2 verbunden. Die Koppel 20 ist nach außen verlängert und kann relativ zu ihrer mit der Öffnungsnockenwelle 1 gleichachsigen Lagerung verschwenkt werden (Doppelpfeil  $\alpha_2$ ). Die Stellung  $\alpha_2$  der Koppel 20 bestimmt die Phasenlage zwischen den Zahnrädern 16 und 17 und somit zwischen der Öffnungsnockenwelle 1 und der Schließnockenwelle 2.

Mit der beschriebenen Einrichtung läßt sich für das Einlaßventil 6 in Abhängigkeit von der Phasenlage zwischen Öffnungsnockenwelle 1 und Schließnockenwelle 2 die in Fig. 3 dargestellte Schar von Öffnungsfunktionen darstellen. Die Ordinate stellt den Ventilhub dar, die Abszisse die Stellung der Kurbelwelle in Grad Kurbelwinkel, wobei 360° dem oberen Totpunkt vor der Ansaugphase und 540° dem unteren Totpunkt am Ende der Ansaugphase des jeweiligen Zylinders entsprechen. Wie aus Fig. 3 ersichtlich, bleibt in der beschriebenen Ausführungsform der Beginn der Öffnung im wesentlichen unverändert und je nach Phase zwischen Öffnungs- und Schließnockenwelle verändert sich mit Zunahme des Öffnungsintegrals zunächst vorwiegend der Hub, dann Hub und Schließzeitpunkt des Einlaßventils und bei großen Öffnungsintegralen schließlich, sobald der maximale Hub erreicht ist, nur noch der Schließzeitpunkt. Mit einer solchen Schar von Öffnungsfunktionen läßt sich der gesamte Lastbereich vom Leerlauf bis Vollast überdecken, wobei sogar ein Hub 0 möglich ist. Dabei werden je nach Betriebszustand der Brennkraftmaschine unterschiedliche Öffnungsfunktionen bei gleicher Stellung eines Gas- bzw. Fahrpedals angesteuert. Beispielsweise entspricht die rechteste Kurve der Fig. 3, die mit a bezeichnet ist, der Vollast bei hoher Drehzahl, wohingegen die mit b bezeichnete Kurve der Vollast bei niedriger Drehzahl entspricht.

Durch den Einbau weiterer Phasenverschiebungsrichtungen in den Ventiltrieb lassen sich weitere Freiheitsgrade erzielen. Beispielsweise kann die Phase zwischen der Öffnungsnockenwelle 1 und der Kurbelwelle durch Einbau eines ansich bekannten Phasenschiebers verändert werden, wodurch die gesamte Kurvenschar der Fig. 3 nach links oder rechts verschoben werden kann. Auch ist es möglich, für die Öffnungsnockenwelle 1 und die Schließnockenwelle 2 getrennte, von der Kurbelwelle her angetriebene Koppelgetriebe zu verwenden, so daß weitere Freiheitsgrade möglich sind. Selbstverständlich sind die Phasenschiebeeinrichtungen auch zur Steuerung des oder der Auslaßventile einsetzbar.

Der in Fig. 1 dargestellte Ventiltrieb kann auch dahingehend modifiziert werden, daß es möglich ist, bei mehreren Einlaßventilen je Zylinder gezielt alle bis auf eines stillzusetzen. Dazu gibt es mehrere konstruktive Möglichkeiten,

die hier nicht dargestellt sind. Beispielsweise kann jedem Einlaßventil eine eigene, über ein eigenes Koppelgetriebe gesteuerte Schließnockenwelle zugeordnet sein, wobei die Phase dieser Schließnockenwelle so gesteuert wird, daß die zugehörigen Einlaßventile in bestimmten Betriebszuständen, beispielsweise beim Anlassen oder während der Schwachlast ganz geschlossen bleiben. Alternativ können je Zylinder auch mehrere Abgriffsglieder und/oder Übertragungsglieder vorhanden sein, die mit den Einlaßventilen zusammenwirken. Zwischen den Übertragungsgliedern ist ein Kupplungsmechanismus vorgesehen, mittels dessen einzelne der Übertragungsglieder derart kuppel- bzw. entkuppelbar sind, daß im entkuppelten Zustand nur ein Einlaßventil betätigt wird.

Fig. 4 zeigt den Grundaufbau des Steuersystems für den beschriebenen Motor:

An ein zentrales Steuergerät 30 sind der Geber eines elektronischen Gaspedals 32, ein Drehzahlgeber 34 für die Motordrehzahl, ein Klopfsensor 36, eine Lambdasonde 38, ein Drucksensor 40 zum Erzeugen eines dem Luftdruck stromoberhalb des oder der Einlaßventile, vorzugsweise dem Umgebungsluftdruck, entsprechenden Signals, ein Saugrohr 42, ein Kühlflüssigkeitstemperaturgeber 44, gegebenenfalls weitere Geber 46, beispielsweise für den Druck unmittelbar stromoberhalb des Einlaßventils oder für die Öltemperatur, und ein Stellungsgeber 48, angeschlossen, der einen Winkel  $\alpha_2$  als Stellung der Koppel 20 erfaßt.

An seinen Ausgängen gibt das Steuergerät 30 Signale zur Steuerung der Einspritzung 50, der Zündung 52 und der Stellung einer Betätigungsvorrichtung 53 zum Betätigen der Koppel 20. Die Betätigungsvorrichtung 53 kann beispielsweise hydraulisch betätigt sein, wobei eine hydraulische Energieversorgungseinheit 54 vorgesehen ist, welche die Betätigungseinrichtung 53 über eine Steuereinheit 56 steuert. Aufbau und Technologie des Steuergerätes 30 sind ansich bekannt und werden daher nicht im einzelnen beschrieben.

Das Steuergerät 30 enthält beispielsweise Kennfelder, in denen in Abhängigkeit von der augenblicklichen Drehzahl der Brennkraftmaschine und der Stellung  $\alpha_1$  der Koppel 20, gegebenenfalls zusätzlich einem zeitlichen Differential von  $\alpha_1$ , Werte zur Ansteuerung der Steuereinheit 56, der Einspritzung 50 und der Zündung 52 abgelegt sind. Diese Grundsteuerung reicht aus, um die Brennkraftmaschine präzise vorzusteuern, wobei keine komplizierten Korrekturalgorithmen verwendet werden müssen, wie bei herkömmlichen Steuerungen drosselklappengesteuerter Brennkraftmaschinen. Die jeweilige Füllung des Zylinders ist präzise durch die jeweils wirksame Öffnungsfunktion des Einlaßventils, gegeben durch die Stellung  $\alpha_2$  der Koppel 20, bestimmt.

Je nach Wunsch eines Fahrers und/oder den jeweiligen Erfordernissen kann im Steuergerät die Zuordnung zwischen der Stellung  $\alpha_1$  des elektronischen Gaspedals 32 und der dazugehörigen Stellung  $\alpha_2$  der Koppel 20 beeinflusst werden, so daß der Motor auf augenblickliche Gaspedalbewegungen sehr rasch reagiert, wodurch ein sportlicher Eindruck entsteht oder gedämpft reagiert, wodurch der Komfort erhöht wird.

Die durch die Kennfelder festgelegten Vorsteuerwerte werden vorteilhafterweise entsprechend vom Druckgeber 40 und einem oder mehreren von den Temperaturgebern 42 und 44 gegebenen Temperaturwerten korrigiert. Damit werden im allgemeinen langsam veränderliche zusätzliche Einflußgrößen auf die Füllung berücksichtigt.

Die im Steuergerät 30 abgelegte Software steuert das Einspritzende vorteilhafterweise in Abhängigkeit von der augenblicklichen Öffnungsfunktion des Einlaßventils. Bei ei-

ner ohne Drosselklappe arbeitenden Brennkraftmaschine steht kein großes, unterdruckbeaufschlagtes "Totvolumen" im Saugrohr zur Verfügung, in dem eine Gemischaufbereitung erfolgt. Dem stehen jedoch zwei durch das erfindungsgemäße Verfahren mögliche Vorteile gegenüber: Zum einen ist bei Schwachlast die Öffnungsdauer des Einlaßventils relativ kurz, so daß ein langer Zeitraum für die thermische Verdampfung von Kraftstoff zur Verfügung steht, wenn dieser unmittelbar nach dem Schließen des Einlaßventils auf das heiße Ventil gespritzt wird. Zum anderen liegt die Schließflanke des Einlaßventils bei kleinen Lasten (untere Kurven der Fig. 3) in dem Bereich größter Kolbengeschwindigkeit, so daß außerordentlich hohe Einströmgeschwindigkeiten herrschen, die zur mechanischen Gemischaufbereitung genutzt werden können. Je nach Betriebszustand des Motors läßt sich der eine Vorteil oder der andere Vorteil stärker ausnutzen oder lassen sich beide Vorteile kombinieren. Wenn ein zusätzlicher Phasensteller vorgesehen ist, der ermöglicht, die Schwachlastkurven gemäß Fig. 3 nach spät zu verschieben, so herrschen gerade bei kleinsten Öffnungsfunktionen bzw. schwächsten Lasten außerordentlich hohe Einströmgeschwindigkeiten, die zu einer guten mechanischen Gemischaufbereitung führen.

Vorteilhafterweise wird die Einspritzmenge in Abhängigkeit vom Signal der Lambdasonde 38 oder einer sonstigen, im Abgasstrang befindlichen Sonde zur Analyse des Abgases derart nachgeregelt, daß eine vorbestimmte Abgaszusammensetzung erzielt wird. Vorteilhafterweise wird die Einspritzung und/oder Zündung bei Auftreten eines Klopfsignals nachgeregelt, bis das Klopfen verschwindet.

Bezüglich des Anlassens eröffnet die drosselklappenfreie Laststeuerung vorteilhafte Möglichkeiten, die anhand Fig. 5 beschrieben werden. In einem ersten Schritt 58 wird die Zündung eingeschaltet. Wenn im Schritt 60 festgestellt wird, daß die Drehzahl Null ist, wird im Schritt 62 die Koppel 20 auf den Wert  $\alpha_2 = 0$  eingestellt, so daß das Einlaßventil im wesentlichen geschlossen bleibt. Der Motor kann somit im Schritt 64 leicht angedreht werden, was den Stromhaushalt entlastet. Sobald im Schritt 66 festgestellt wird, daß die Drehzahl einen Wert  $n_1$  überschritten hat, wird im Schritt 68 die Koppel 20 auf  $\alpha_2 = \max$  gestellt, d. h. maximale Füllung bei der augenblicklichen Drehzahl. Es versteht sich, daß dieser Wert nicht dem maximal möglichen Öffnungsintegral bzw. der maximal möglichen Öffnungsfunktion entspricht, die die bei hohen Drehzahlen eingenommene Hüllkurve der Fig. 3 ist. Anschließend wird die Zündung eingeschaltet und eingespritzt und der Anlasser wird ausgeschaltet. Sobald die Brennkraftmaschine dann hochläuft und im Schritt 70 festgestellt wird, daß die Drehzahl eine vorgegebene Drehzahl  $n_2$  überschreitet, wird der Wert  $\alpha_2$  im Schritt 72 laufend zurückgenommen, bis im Schritt 74 festgestellt wird, daß eine Soll-drehzahl  $n_s$  erreicht ist, woraufhin im Schritt 76 auf Normalbetrieb übergegangen wird.

Mit diesem Anlaßverfahren wird die Brennkraftmaschine jederzeit sicher bei minimalem Stromverbrauch und optimaler Abgasqualität gestartet.

Vorteilhafterweise steuert das Steuergerät 30 den Betrieb so, daß während der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine die Öffnungsfunktion des Einlaßventils nach spät verschoben wird, falls eine entsprechende Phasenstelleneinrichtung vorhanden ist. Damit wird erreicht, daß die Frischladung während des Saughubs des Kolbens mit erhöhter Strömungsgeschwindigkeit einströmt, was die mechanische Gemischaufbereitung bei kaltem Motor verbessert.

Alternativ zum geschilderten Anlaßverfahren kann im Schritt 66 der Ventiltrieb so eingestellt werden, daß eine Öffnungsfunktion mit geringem Hub und Öffnungsbeginn bei ca. 450° KW und Schließen im Bereich des unteren Tot-

punktes realisiert wird. Dies ergibt gute Füllung bei ausgezeichneter, mechanischer Gemischaufbereitung.

Im leerlaufnahen Betrieb des Motors wird die Öffnungsfunktion des Einlaßventils vorteilhafterweise nach früh verschoben, wodurch eine erhöhte Drehzahlstabilität erzielt wird, weil die Empfindlichkeit gegenüber vorhandenen Toleranzen wegen der fehlenden Druckdifferenz geringer wird.

Im Schubbetrieb, d. h. bei  $\alpha_1 = 0$  und einer Motordrehzahl größer als die Leerlaufdrehzahl wird die Öffnungsfunktion vorteilhafterweise zumindest annähernd auf Null gebracht, d. h.  $\alpha_2$  auf annähernd Null gestellt. Damit wird ein Auskühlen des Motors verhindert und es werden weiche Übergänge erzielt. Es versteht sich, daß Schubbetrieb auch anders festgestellt werden kann, beispielsweise mittels eines Drehmomentsensors im Antriebsstrang.

Die Leistung und die Drehzahl der Brennkraftmaschine können in einfacher Weise über die Öffnungsfunktion bzw. die Stellung der Koppel 20 begrenzt werden. Somit ist es möglich, durch bloße Softwareänderung im Steuergerät 30 Motoren unterschiedlicher Leistung anzubieten.

Das erfindungsgemäße Verfahren arbeitet so rasch, daß kurzzeitige Laständerungen, beispielsweise während des Schaltens eines Automatgetriebes, die über einen zusätzlichen Geber 46 festgestellt werden können, durch bloße Änderung der Öffnungsfunktion, d. h. Verstellung von  $\alpha_2$ , vorgenommen werden, um beispielsweise Schaltstöße zu glätten usw..

Auch plötzlich auftretender Schlupf eines angetriebenen Fahrzeuges kann dadurch vermindert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch bei Anbau eines Turboladers oder einer sonstigen Aufladeeinrichtung an die Brennkraftmaschine verwendet werden, indem stromoberhalb des Einlaßventils ein weiterer Geber installiert wird, der den dort herrschenden Druck feststellt und die Zuordnung zwischen  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  in Abhängigkeit von diesem Druck so verändert wird, daß ein vorbestimmter Zusammenhang zwischen Stellung des Gaspedals  $\alpha_1$  und erwünschten Drehmoment bzw. erwünschter Leistung erreicht wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich zur Anwendung an Brennkraftmaschinen mit unterschiedlichen Einspritzanlagen, wie Zentraleinspritzung, Einzelzylindereinspritzung und/oder Direkteinspritzung in den Zylinder. Durch die gezielt einsetzbare mechanische Gemischaufbereitung mittels hoher Einströmgeschwindigkeiten lassen sich in weiten Betriebsbereichen optimale Verbrennungsbedingungen einstellen.

Mit dem erfindungsgemäßen Steuerverfahren steht infolge des Wegfalls der einlaßseitigen Drosselung die Druckdifferenz am Einlaßventil als zusätzlicher freier Parameter zur Steuerung des Restgasgehaltes der im Brennraum befindlichen Ladung zur Verfügung. Diese Druckdifferenz kann durch eine in den Figuren nicht dargestellte, über einen Stellmotor mit dem Steuergerät 30 verbundene und von diesem angesteuerte Klappe im Saugsystem und/oder im Abgassystem der Brennkraftmaschine gesteuert werden. Zur Steuerung des Restgasanteils auf Werte von 25–30% genügen Druckdifferenzen von weniger als 0,05 bar.

Folgende Restgasgehalte haben sich beispielsweise als günstig erwiesen:

- im leerlaufnahen Bereich: Restgasgehalte von 15–18% für gute Laufruhe und geringe HC-Emissionen;
- im Bereich mittlerer Lasten: Restgasgehalte zwischen 20–30% für niedrige NO<sub>x</sub> Emissionen und günstigen Verbrauch;
- im Bereich hoher Lasten: geringe Restgasgehalte

zwischen 4-8% für hohe Füllung, niedrige Verdichtungs-  
sendtemperaturren und geringe Klopfneigung.

Fig. 6 zeigt ein Beispiel für einen günstigen Restgasanteil  
in Abhängigkeit von der Last.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern der Leistungsabgabe einer fremdgezündeten, mit einer Kraftstoffspritzeanlage ausgerüsteten Kolbenbrennkraftmaschine, bei welchem die Stellung eines Gaspedals eine Stelleinrichtung verstellt, die die durch Hub und Dauer der Öffnung definierte Öffnungsfunktion wenigstens eines, die von der Brennkraftmaschine je Ansaughub angesaugte Ladungsmenge bestimmenden Einlaßventils einstellt, indem die Stelleinrichtung die relative Phasenlage zweier normalerweise mit gleicher Drehzahl drehender Nockenwellen einstellt, wobei die Phasenlage die Öffnungsfunktion des Einlaßventils bestimmt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stelleinrichtung als Eingangsgrößen die Stellung des Gaspedals und Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, wie z. B. Drehzahl und/oder Temperatur zugeführt werden, und daß der Zündzeitpunkt und/oder die Einspritzmenge in direkter Abhängigkeit von der Stellung der Stelleinrichtung und der Drehzahl der Brennkraftmaschine gesteuert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zündzeitpunkt und die Einspritzmenge in Abhängigkeit von wenigstens einer charakteristischen Temperatur und einem charakteristischen Luftdruck korrigiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Einspritzende in Abhängigkeit von der Öffnungsfunktion des Einlaßventils gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein wesentlicher Teil des Kraftstoffes kurz vor dem Schließen des Einlaßventils eingespritzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzbeginn vor dem Öffnungsbeginn des zugehörigen Einlaßventils liegt und das Einspritzende während der Öffnungsdauer liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzmenge in Abhängigkeit vom Signal eines Abgassensors nachgeregelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß beim Andrehen der Brennkraftmaschine zum Zwecke des Anlassens die Einlaßventile zunächst geschlossen bleiben.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Andrehen der Brennkraftmaschine eine Öffnungsfunktion eingestellt wird, die infolge hoher Einstromgeschwindigkeiten zu einer mechanischen Gemischaufbereitung führt.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Andrehen die Öffnungsfunktion auf den maximaler Füllung entsprechenden Wert gesteuert wird, bei dem die ersten Einspritzungen erfolgen.
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsfunktion unmittelbar anschließend an die ersten Einspritzungen bzw. Zündungen derart geregelt wird, daß sich eine vorbestimmte Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine einstellt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß beim Anlassen und/oder im Teillastbetrieb bei mehreren Einlaßventilen je Zylinder nur eines der Einlaßventile öffnet.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere während der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine die Öffnungsfunktion des Einlaßventils bezogen auf den Arbeitshub des Kolbens nach spät verschoben wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsfunktion des Einlaßventils im leerlaufnahen Betrieb nach früh verschoben wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei Schubbetrieb die Öffnungsfunktion zumindest annähernd auf Null gestellt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsfunktion derart geregelt ist, daß eine vorbestimmte Leistungsabgabe der Brennkraftmaschine nicht überschritten wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsfunktion derart geregelt ist, daß eine vorbestimmte Drehzahl der Brennkraftmaschine nicht überschritten wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Leerlaufdrehzahl durch Regelung der Öffnungsfunktion auf einem vorbestimmten Wert gehalten wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß kurzzeitige Laständerungen, beispielsweise während des Schaltens eines Automagetriebes, durch Änderungen der Öffnungsfunktion erfolgen.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungsfunktion bei Schlupf eines angetriebenen Fahrzeugrades vermindert wird.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einsatz einer Vorrichtung zum Verdichten der dem Einlaßventil zugeführten Ladung der Druck stromoberhalb des Einlaßventils gemessen wird und die Öffnungsfunktion in Abhängigkeit von dem Druck derart gesteuert ist, daß eine Füllung erzielt wird, die einer über ein manuell betätigbares Gaspedal eingegebenen, gewünschten Füllung entspricht.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellung einer im Saugrohr und/oder Abgassystem vorgesehenen Drosselklappe zum Zweck der Beeinflussung der Restgasmenge im Brennraum in Abhängigkeit von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine gesteuert wird.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



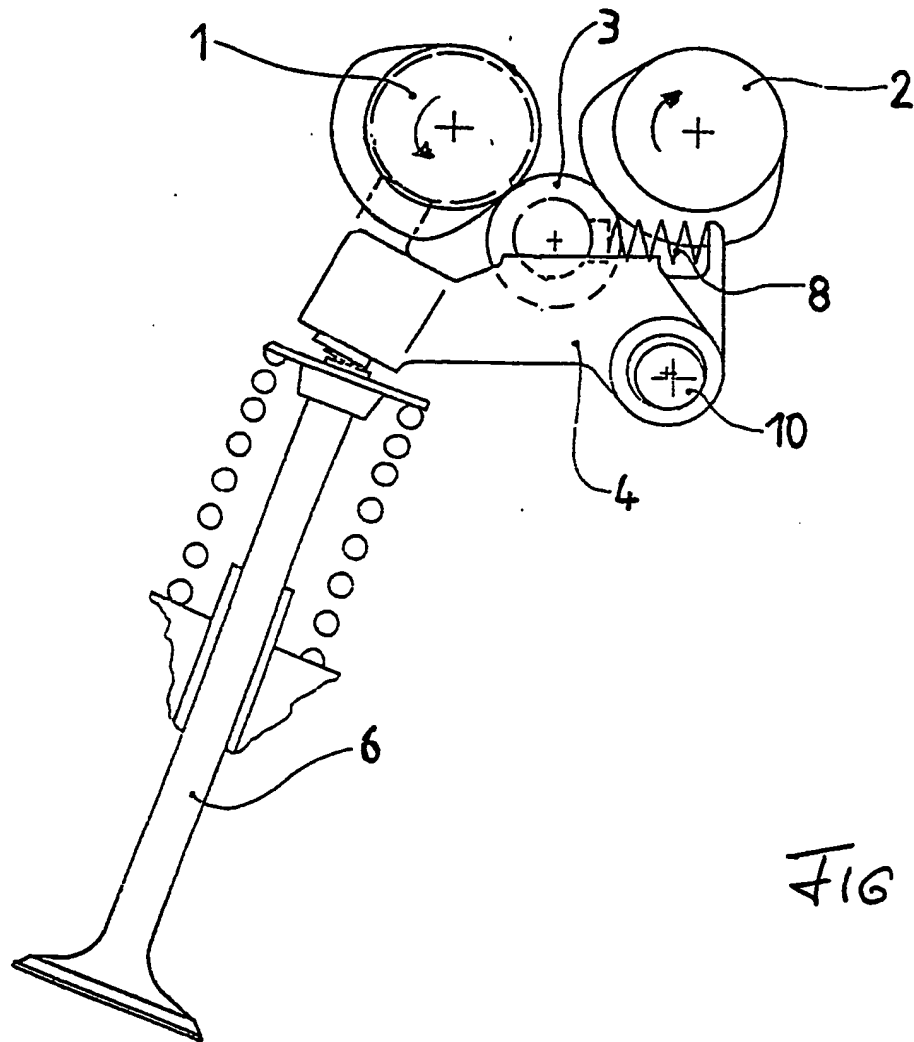


FIG 1

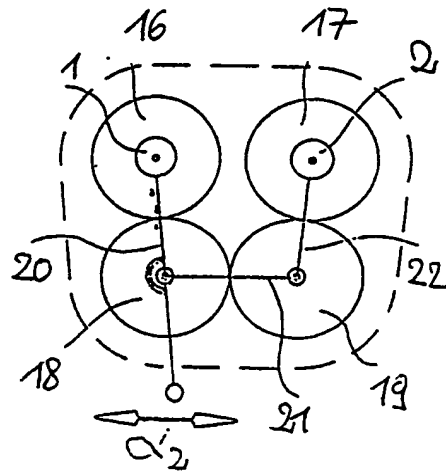


FIG 2

Ventilhub

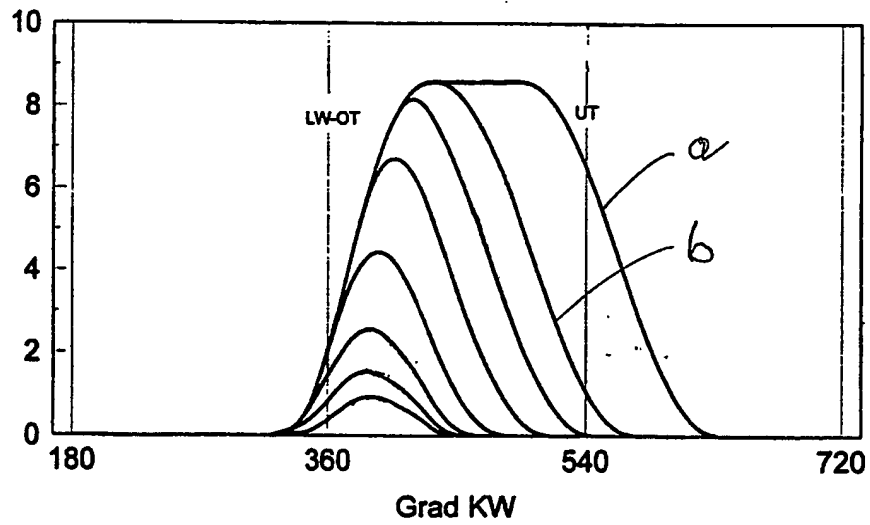


FIG 3

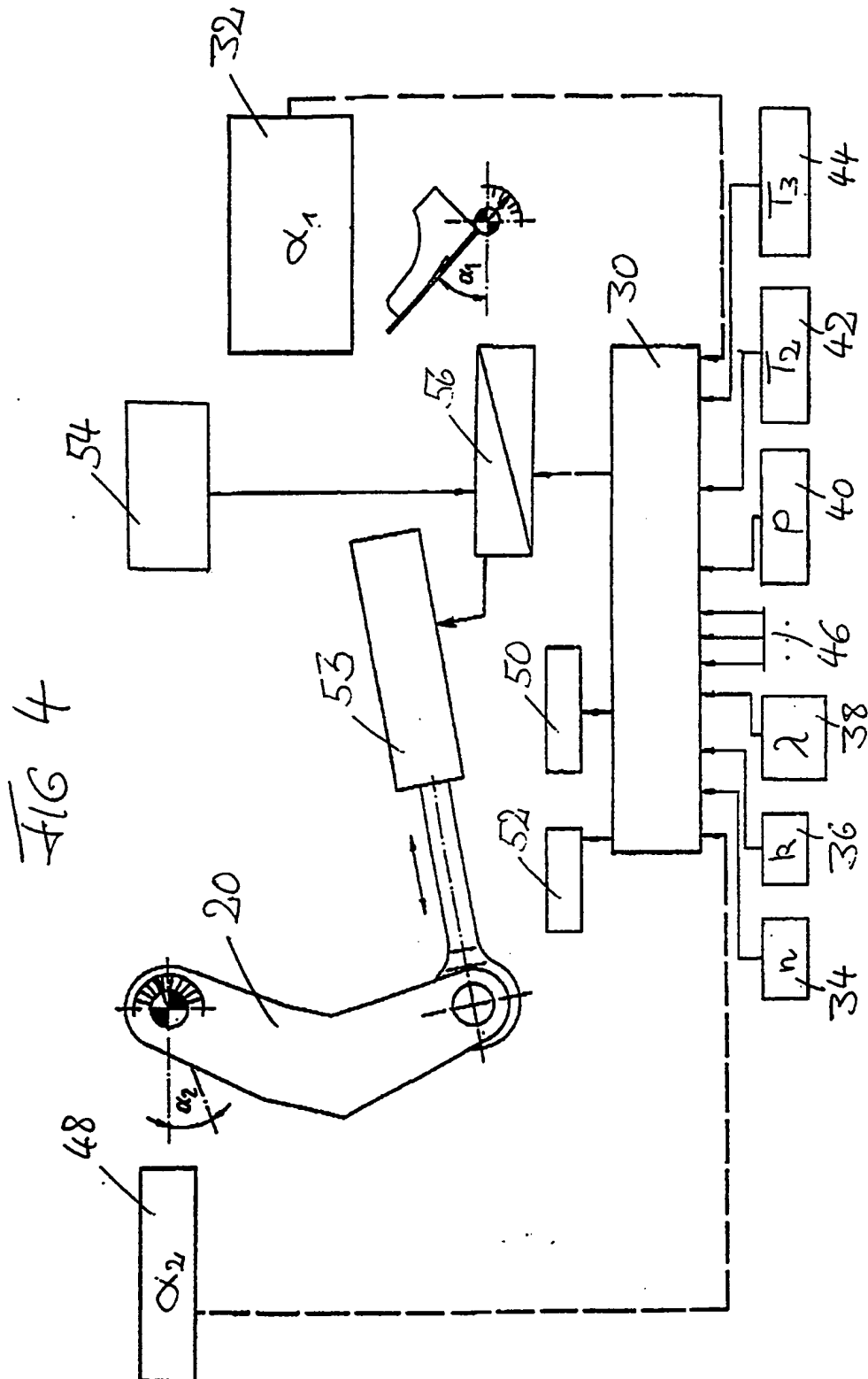
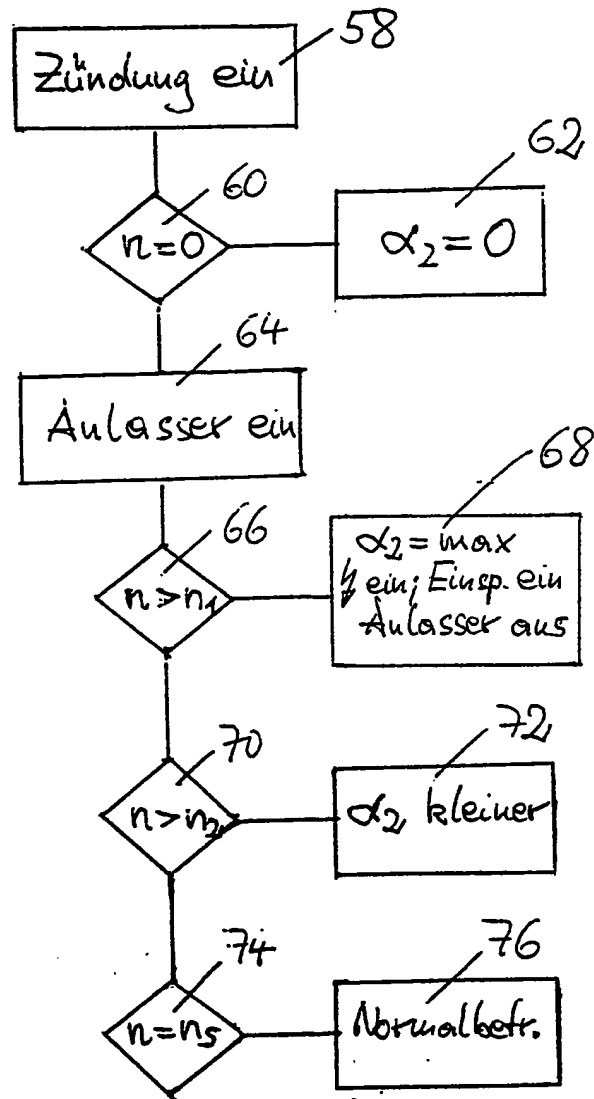


Fig 5



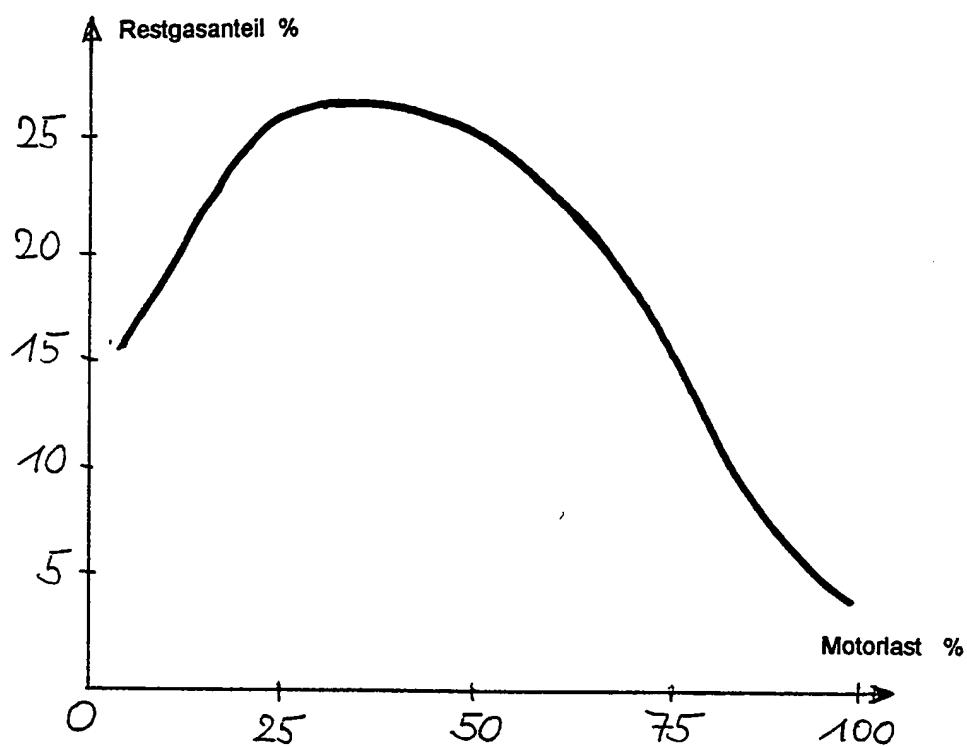


FIG 6